


KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Antti Heikura

KIINTEISTÖAUTOMAATION OPETUSYMPÄRISTÖN KEHITTÄMI-  
NEN

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015

	<p><b>OPINNÄYTETYÖ</b>  <b>Toukokuu 2015</b>  <b>Sähkötekniikan koulutusohjelma</b></p> <p>Karjalankatu 3  80200 JOENSUU  p. (013) 260 6800</p>
<p><b>Tekijä</b>  Antti Heikura</p>	
<p><b>Nimeke</b>  Kiinteistöautomaation opetusympäristön kehittäminen</p> <p><b>Toimeksiantaja</b>  Pohjois-Karjalan ammattiopisto Lieksa</p>	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Pohjois-Karjalan ammattiopisto Lieksan kiinteistöautomaation opetusympäristöä. Työssä perehdyttiin kiinteistöautomaatioon KNX-standardin näkökulmasta. Työhön kuului kiinteistöautomaation opetusympäristön suunnitteleminen ja toteuttaminen KNX-laitteilla. Työhön kuului myös ETS 5 -ohjelmiston käyttöohjeen kirjoittaminen ja koulutuksen pitäminen ammattiopiston opiskelijoille.</p> <p>Työssä on tuotu esille KNX-järjestelmän rakennetta, käyttömahdollisuuksia, laitteita, etuja ja opetusympäristön rakennetta. Opetusympäristöksi haluttiin laitteisto, jota on mahdollista siirrellä ja joka vastaa mahdollisimman hyvin oikeaa asennuskohdetta. Opetusympäristöön haluttiin mahdollisuus ohjata järjestelmää älypuhelimella ja tabletilla.</p> <p>Opinnäytetyöhön kuuluvassa ETS 5 -käyttöohjeessa käydään läpi, kuinka tehdään valaistus-, pistorasia-, lämmitys- ja verho-ohjauksia. Käyttöohjeessa käydään läpi myös, kuinka ohjelmoidaan Siemens IP Control Center N 152 -laitetta, jota käytetään älypuhelin- ja tablet-ohjauksiin.</p>	
<p><b>Kieli</b>  suomi</p>	<p>Sivuja 34  Liitteet 2  Liitesivumäärä 6</p>
<p><b>Asiasanat</b>  KNX, ETS 5, Kiinteistöautomaatio, Opetusympäristö.</p>	

 <b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	<b>THESIS</b> <b>May 2015</b> <b>Degree Programme in Electrical Engineering</b> Karjalankatu 3 FI 80200 JOENSUU FINLAND +358 (13) 260 6800
Author Antti Heikura	
Title Development of a Teaching Environment for Home and Building Automation  Commissioned by North Karelia college Lieksa	
Abstract  <p>The aim of the thesis was to develop the teaching environment for home and building automation in the North Karelia college Lieksa. For this purpose, home and building automation was approached from the point of view of the KNX standard. The work included planning and realization of a teaching environment with KNX equipment, writing an ETS 5 manual and giving training in the college.</p> <p>The thesis portrays the structure, equipment, advantages and possible applications of the KNX system as well the structure of the teaching environment. The teaching environment was intended to be a movable set of equipment and the best possible equivalent to a real installation site. The goal was also to make the teaching environment controllable by smartphone and tablet computer.</p> <p>The ETS 5 manual included in the thesis covers installation of control systems for lighting, wall sockets, heating and curtains. The manual also gives instruction on how to programme a Siemens IP Control Center N 152 device that is used for smartphone and tablet computer control systems.</p>	
Language Finnish	Pages 34 Appendices 2 Pages of Appendices 6
Keywords  KNX, ETS 5, home and building automation, teaching environment	

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	KNX .....	6
2.1	KNX-teknologia .....	6
2.2	KNX-järjestelmän edut .....	7
2.3	Tiedonsiirto.....	8
2.4	Kierretty parikaapeli .....	8
2.4.1	TP1-topologia .....	9
2.4.2	TP1-tiedonsiirto.....	11
2.4.3	TP1-sanomanrakenne .....	12
2.5	PL110-sähköverkko .....	12
2.5.1	PL110-topologia.....	13
2.5.2	PL110-tiedonsiirtoteknologia.....	14
2.5.3	PL110-sanoma .....	14
2.6	RF (radio frequency) radiotaajuus.....	15
2.6.1	Topologia .....	15
2.6.2	RF-siirtoteknologia.....	16
2.6.3	RF-sanoma .....	17
2.7	IP Ethernet .....	18
3	Opetusympäristön suunnittelu .....	19
3.1	Opetusympäristön KNX-laitteet .....	19
3.1.1	Kenttälaitteet.....	20
3.1.2	Keskuslaitteet .....	23
4	Opetusympäristön toteuttaminen .....	29
4.1	Ympäristön rakentaminen .....	29
4.2	Ohjelmointiohje .....	31
4.3	Kouluttaminen .....	31
5	Pohdinta.....	32
	Lähteet.....	33

## Liitteet

- |         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Liite 1 | Opetusympäristön sähköpiirustus |
| Liite 2 | Opetusympäristön kytkentäkaavio |

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Pohjois-Karjalan ammattiopisto Lieksan kiinteistöautomaation opetusympäristöä. Työssä perehdyttiin kiinteistöautomaatioon KNX-standardin näkökulmasta. Tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa kiinteistöautomaation opetusympäristö, joka sisältää kattavasti erilaisia KNX-komponentteja ja mahdollisuuden ohjata järjestelmää älypuhelimella tai tabletilla.

Opinnäytetyössä valmistin oppimisympäristön tueksi ETS 5 -ohjelmiston käyttöohjeen. Toimeksiantajan toiveena oli, että käyttöohjeessa käytäisiin läpi, kuinka tehdään valaistus-, verho-, pistorasia- ja lämmitysohjauksia. Käyttöohjeessa käydään läpi myös, kuinka ohjelmoidaan Siemens IP Control Center N 152 -laitetta, jota käytetään älypuhelin- ja tablet-ohjauksiin. Opetusympäristön tarkoituksena on perehdyttää opiskelijat KNX-järjestelmän perusteisiin ja ohjelmointiin.

Kiinteistöautomaation opetusympäristö toteutettiin KNX-järjestelmällä, koska se on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi ja ammattiopistolla oli jo KNX-komponentteja entuudestaan, joita toimeksiantaja halusi hyödyntää opetusympäristössä. Toimeksiantajan toiveena oli, että opetusympäristö vastaa mahdollisimman hyvin oikeaa kiinteistöä, jonka takia sijoitin laitteet valitsemaani kiinteistön pohjakuvaan. Opinnäytetyössä tein myös sähkösuunnitelman valitsemaani pohjakuvaan, jotta se vastaisi vielä enemmän todellista asennuskohdetta.

Valitsin kiinteistöautomaation opetusympäristön kehittämisen opinnäytetyöaiheekseni, koska sitä tarjottiin minulle Pohjois-Karjalan ammattiopisto Lieksan puolesta. Opinnäytetyön aihe kiinnosti itseäni myös kiinteistöautomaation nopean yleistymisen takia. Opinnäytetyön tekemisessä hyödynsin aikaisempaa tietämystäni ja kokemustani KNX-järjestelmästä, jota olen saanut käymästäni KNX Partner-koulutuksesta.

## 2 KNX

KNX on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi, joka pohjautuu 1990-luvun alussa kehitettyyn EIB-väylätekniikkaan. EIB-väylätekniikka kehitettiin sähköasennusten turvallisuuteen, joustavuuteen ja mukavuuteen asetettujen vaatimusten johdosta. Kaikki KNX-laitteet ovat keskenään yhteensopivia, minkä takaa KNX-yhdistyksen laitteille antama sertifiointi. [1, s. 10.]

KNX-yhdistys syntyi, kun vuonna 1999 seuraavat yhdistykset yhdistyivät:

- EIBA ( European Installation Bus Association)
- EHSA (European Home Systems Association)
- BCI (BatiBUS Club International).

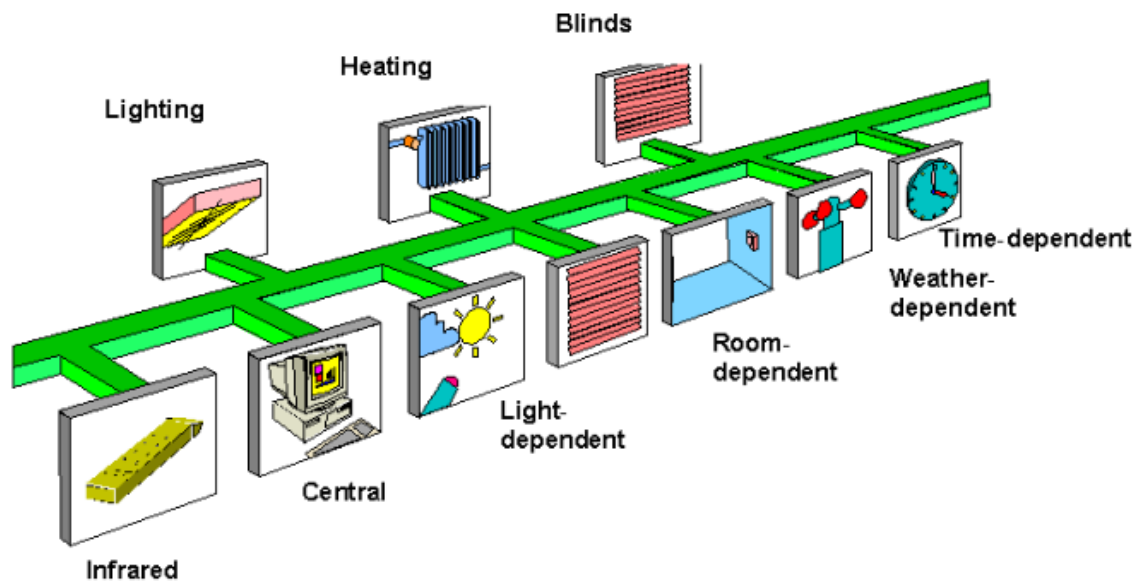
KNX-yhdistys on KNX koti- ja taloautomaatiostandardin ja KNX-tavaramerkin omistaja. [2.]

KNX täyttää seuraavien standardien vaatimukset:

- CENELEC EN 50090
- CEN EN 13321-1
- ISO/IEC 14543-3
- GB/T 20965
- ANSI/ASHRAE 135. [2.]

### 2.1 KNX-teknologia

KNX-asennukset poikkeavat tavallisista sähköasennuksista, joissa kytkin ohjaa kuormaa joko suoraan tai releen/kontaktorin kautta. KNX-teknologiassa kuorma ohjataan päälle epäsuorasti siirtotien kautta. Siirtotiehen liitetään kaikki järjestelmän anturit ja toimilaitteet. Esimerkiksi, kun painiketta painetaan, tämä lähettää sanoman siirtotien kautta määrätylle toimilaitteelle, joka sitten kytkee kuorman päälle. [1, s. 9.]



Kuva 1. KNX-teknologia [3]

KNX-teknologialla voidaan toteuttaa valaistuksen, ilmastoinnin, lämmityksen, verhojen, äänen- ja videon ohjaukset, etäohjaukset ja kodinkoneiden ohjaukset. KNX:llä voidaan myös toteuttaa valvomosovelluksia ja seurata ja hallita energiankulutusta [2.] (Kuva 1).

## 2.2 KNX-järjestelmän edut

KNX-järjestelmän etuna on, että se lisää luotettavuutta suunnitteluvaiheen aikana, koska eri laitetoimittajien tuotteet ovat keskenään yhteensopivia standardissa EN 50090 määriteltynä toiminnallisuuden mukaisesti. Tämän lisäksi KNX-järjestelmän etuna on:

- Helppo muunneltavuus.
- Asennusvaiheessa helpompi johdottaa perinteiseen asennukseen verrattuna.
- Lisää energiatehokkuutta.
- Laitteiden saatavuus on tulevaisuudessa taattu.
- Lisää mukavuutta. [1, s. 13–14.]

## 2.3 Tiedonsiirto

KNX-standardi sisältää monta erilaista tiedonsiirtoväylää. KNX-laitteet ovat yhteydessä toisiinsa näiden avulla. Eri tiedonsiirtoväylät ovat

- TP1 (twisted pair) kierretty parikaapeli
- PL110 (powerline) sähköverkko
- RF (radio frequency) radiotaajuus
- IP Ethernet. [2.]

## 2.4 Kierretty parikaapeli

Kierretty parikaapeli on yleisin käytetty KNX:n tiedonsiirtoväylä. Kierretty parikaapeli koostuu kahdesta johtimesta, jotka on kierretty toistensa ympärille tiedonsiirron laadun parantamiseksi. Kiertäminen vähentää signaaliin vaikuttavien sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta, sillä vierekkäisten silmukoiden läpi menevien magneettikenttien virrat kumoavat toisensa. [4.] TP1-väylän jännite on 29 V ja virtalähteen tulee noudattaa DIN EN 50 090 -standardia [1, s. 33].

KNX-väylän kaapeloinnissa suositellaan käyttämään YCYM 2x2x0.8 tai -Y(St)Y 2x2x0.8 kaapeleita. Vain vihreät, standardit täyttävät KNX-kaapelit taakaavat

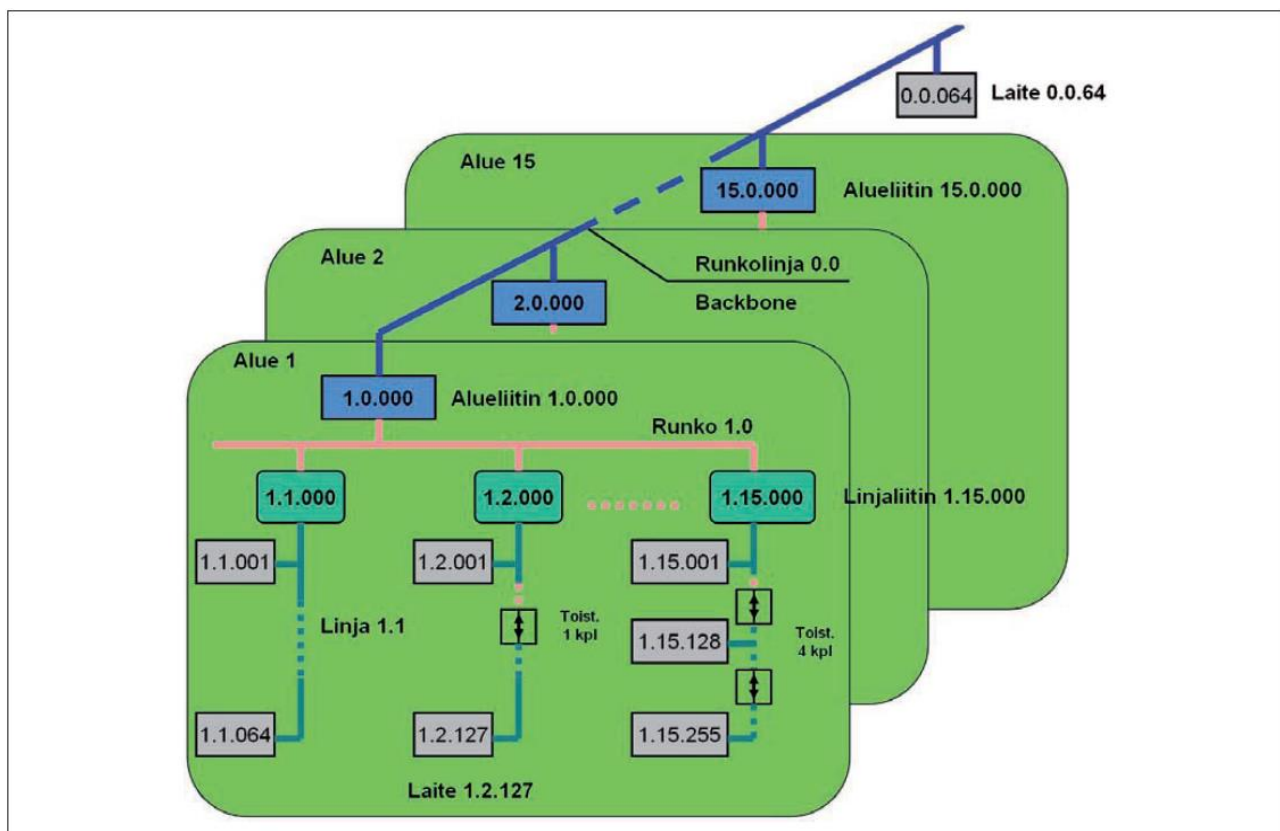
- linjan kaapelin maksimipituuden
- maksimietäisyyden kahden linjalla olevan väylälaitteen välillä
- linjalla olevien väylälaitteiden maksimimäärän.

Suomessa yleisin TP1-asennuksissa käytetty kaapeli on KLMA 4x0,8+0,8. [1; 5.]



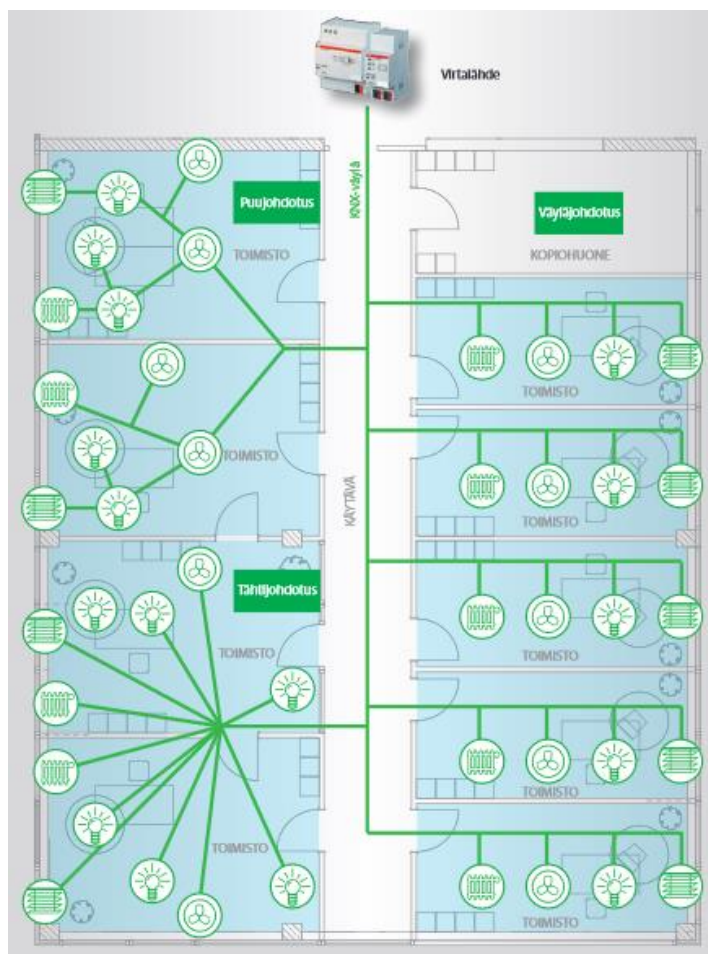
### 2.4.1 TP1-topologia

Topologia koostuu linjoista ja alueista, joita yhdistetään linja- ja alueyhdistimien avulla (kuva 2). Topologia koostuu pienimmillään yhdestä linjasta, mihin voi kytkeä 64 väylälaitetta. Linjojen laitteiden määrää voidaan lisätä käyttämällä toistimia, jolloin yhteen linjaan on mahdollista laittaa 255 väylälaitetta. Jos käytössä on enemmän kuin yksi linja, ne yhdistetään toisiinsa päälinjan kautta käyttämällä linjayhdistintä. Päälinjaan voi kytkeä 15 linjaa ja 64 väylälaitetta, jonka enimmäismäärästä vähennetään käytetyt linjayhdistimet. Päälinjaa ja siihen kytkettyjä linjoja kutsutaan alueeksi. Järjestelmässä voi olla 15 aluetta, jotka yhdistetään runkolinjan kautta alueyhdistimillä. Runkolinjaan voi kytkeä 64 väylälaitetta ja niiden enimmäismäärästä vähennetään alueyhdistimet. Runko- ja päälinjassa ei saa käyttää toistimia. Jokainen linja pitää varustaa omalla virtalähteellä. Yhdessä KNX-järjestelmässä voi olla yli 58 000 väylälaitetta. [1, s. 25-27.]



Kuva 2. TP1-väylän topologia [4]

Verkko voi olla rakenteeltaan puu, tähti tai väylä, mutta se ei saa olla rengas (Kuva 3.) [6].



Kuva 3. TP1-verkkotopologian rakenteet [6]

Linjan kaapelipituuksilla on voimassa taulukon 1. mukaiset rajoitukset.

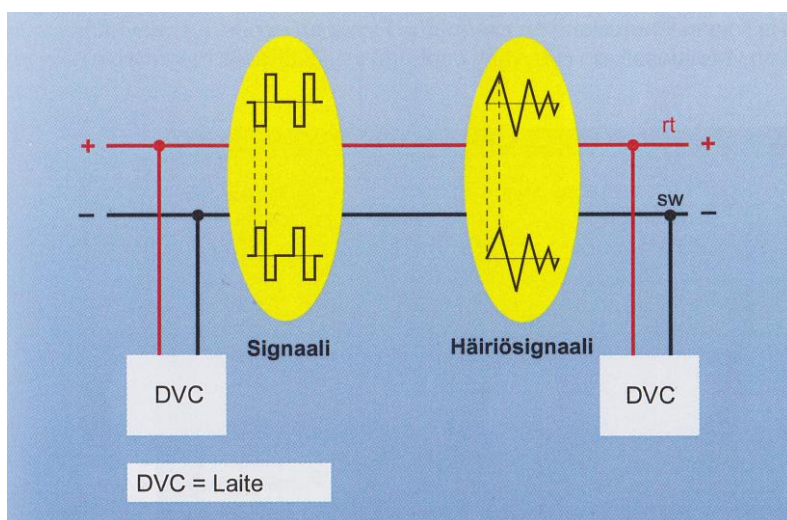
Taulukko 1. KNX TP1-väylän kaapelointia koskevat rajoitukset. [1, s .26.]

Linjan maks. pituus	1000 m
Virtalähteen ja väylälaitteen välinen maks. etäisyys	350 m
2 kuristimella varustetun virtalähteen min. etäisyys	200 m
Kahden väylälaitteen maks. etäisyys	700 m

### 2.4.2 TP1-tiedonsiirto

Kaikki tiedot väylälaitteiden välillä välittyvät sanomien kautta. Tiedonsiirto väyläkaapelissa on symmetristä. Koska tiedonsiirto tapahtuu parikaapelilla, häiriösaiteily vaikuttaa molempiin samannapaisiin johtimiin, eikä tämän vuoksi vaikuta juurikaan signaalin jännite-eroon. Väylälaitteet laskevat vaihtojännitteen eron johtimien napojen välillä (Kuva 4.). [1, s. 29.]

TP1-bitillä voi olla loogiset tilat 0 tai 1. Väylälaitteen lähettäessä tilaa 1 väylän jännitetaso ei muutu, lähetettäessä tilaa 0 väylän jännitetaso muuttuu. Tämä tarkoittaa sitä, että useamman väylälaitteen lähettäessä väylälle tietoa samanaikaisesti se laite, joka lähettää tilaa 0 voi jatkaa tiedon lähettämistä. Väylälaite voi aloittaa tiedonsiirron välittömästi, jos väylä on vapaana. Useamman väylälaitteen samanaikaista tiedonsiirtoa kontrolloidaan CSMA/CA -väylän varausmenetelmän avulla. Väylälaitteet tarkkailevat väylää tiedonsiirron aikana. Kun loogista tilaa 1 lähettävä väylälaite havaitsee väylällä loogisen tilan 0 se lopettaa tiedonsiirron ja antaa tilaa väylällä loogista tilaa 0 lähettävälle laitteelle. Väylälaite, joka lopettaa tiedonsiirron jatkaa väylän tarkkailua ja yrittää lähettää tiedon uudelleen, kun väylä on vapaa. Useamman väylälaitteen yrittäessä lähettää tietoa väylälle samanaikaisesti CSMA/CA menetelmä takaa, että vain yksi väylälaitteista voi lopettaa lähetyksensä keskeytyksettä. Tämän takia väylän datan välityskyky ei alene. [7.]

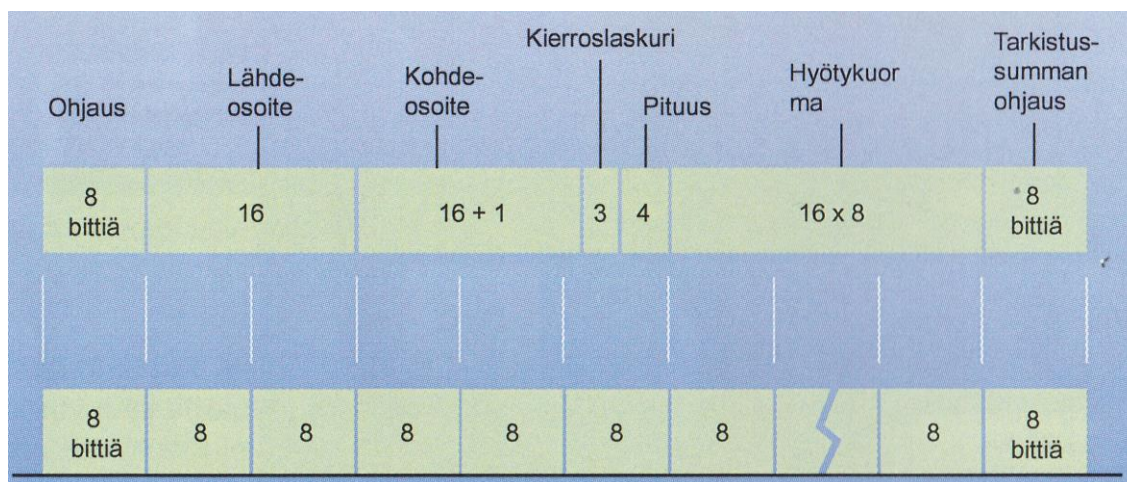


Kuva 4. TP1-signaalinsiirto [1]

### 2.4.3 TP1-sanomanrakenne

Sanoma on bittijono, jossa bitit yhdistyvät oheistietosisällön kanssa. Sanoma koostuu väyläkohtaisista tiedoista, hyötytiedoista, joissa tapahtuma välitetään ja siirtovirheiden havaitsemiseen käytettävistä testitiedoista (Kuva 5.).

Häiriöttömään tiedonsiirtoon tarvittavat tiedot saadaan valvonta- ja tarkastussummakentistä. Osoitteen saaneet väylälaitteet arvioivat näitä tietoja. Lähdeosoite on lähettävän laitteen yksilöllinen osoite, joka kertoo mihin kohtaan topologiassa väylälaitte on asennettu ja se määritetään käyttöönoton yhteydessä. Kohdeosoite kertoo kommunikointikumppani(t), joka voi olla yksi tai useampi järjestelmään asennettu väylälaitte. Yksi laite voi kuulua moneen eri ryhmään ja tämä määritetään ryhmäosoitteen avulla. Hyötytietojen kuten käskyjen, viestien, asetusparametrien ja mittausarvojen siirtämiseen käytetään tietokenttää. [1, s. 30.]



Kuva 5. TP1-sanoman rakenne [1]

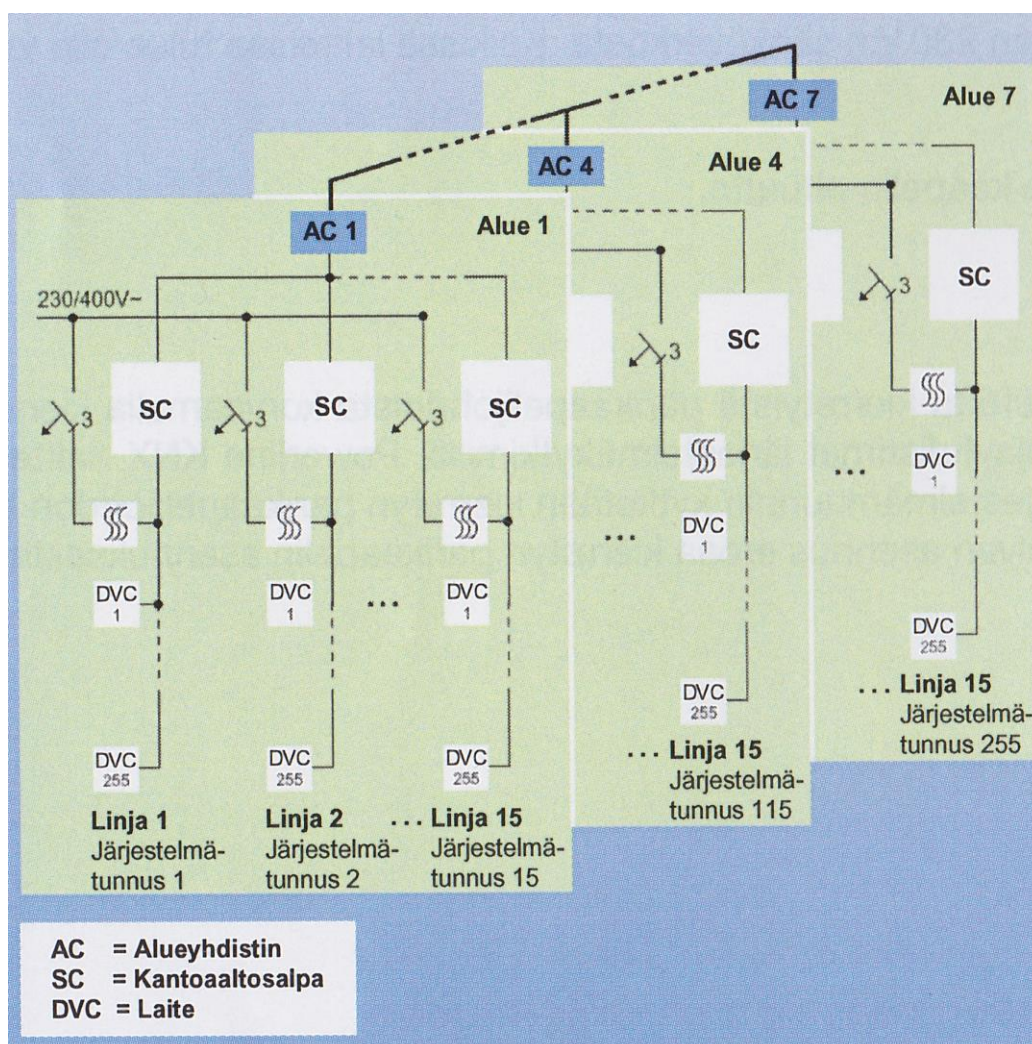
## 2.5 PL110-sähköverkko

KNX-järjestelmässä on mahdollista käyttää 230/400 V:n sähköverkkoa siirtotienä. KNX Powerline-laitteisiin tarvitsee kytkeä vain vaihe- ja nollajohdin. KNX Powerline ohjelmoinnissa käytetään ETS-ohjelmistoa. KNX Powerline noudattaa DIN EN 50065 ja DIN EN 50090 -standardeja. KNX Powerlinea käytetään enimmäkseen Saksassa. [1, s. 34.]



### 2.5.1 PL110-topologia

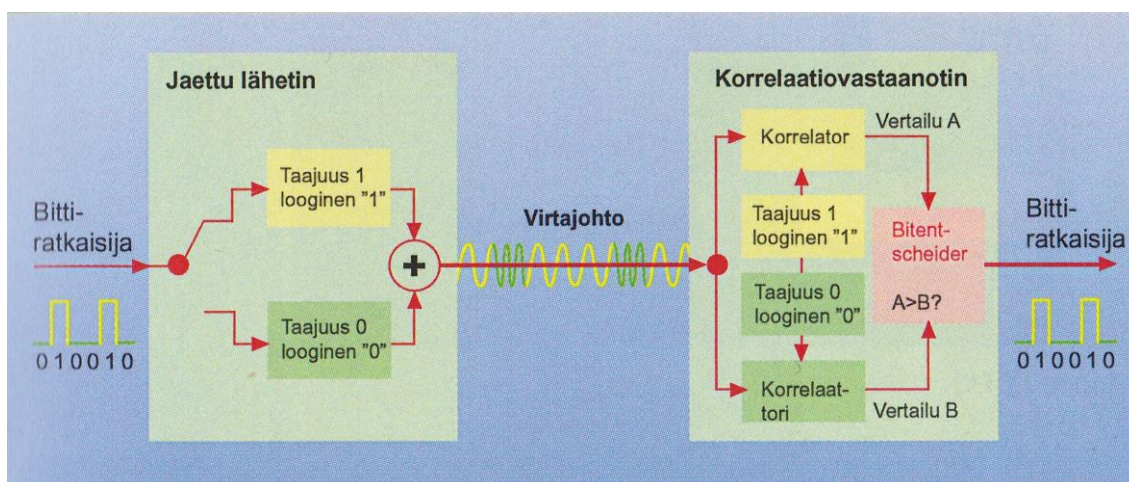
KNX Powerlinen ollessa siirtotienä KNX-järjestelmä huolehtii hierarkkisesta rakenteesta linjoilla ja alueilla. KNX Powerline-topologia koostuu linjoista ja alueista. Pienimmillään topologia koostuu yhdestä linjasta, johon voi kytkeä 255 laitetta. KNX Powerline-linjat rakennetaan kierretyllä parikaapelilla, mutta siinä korvataan parikaapeliväylässä käytetyt linjayhdistimet järjestelmäkytkimillä. KNX Powerline -järjestelmämuunnin kytketään parikaapelin tai runkolinjan kautta. Topologiassa voi olla maksimissaan 15 linjaa ja 8 alueellista päälinjaa. Yksittäiset alueet erotetaan kantoaaltosalvan avulla. KNX Powerline-laitteet kytketään 230 V:n verkkoon, josta ne saavat myös käyttövirtansa (Kuva 6). [1, s. 35–36.]



Kuva 6. KNX Powerline -topologia [1]

## 2.5.2 PL110-tiedonsiirtoteknologia

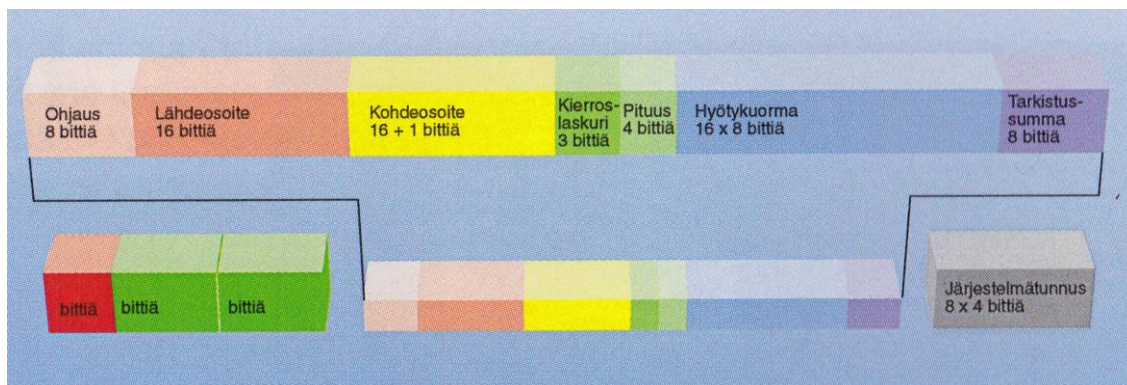
Koska 230 V:n verkkoa ei ole suunniteltu tiedonsiirtoon on KNX Powerline-järjestelmä jouduttu sovittamaan verkon olosuhteisiin. Tiedonsiirto sähköverkossa on luotettavaa, vaikka sen suurtaajuussignaalien siirto-ominaisuudet ovat yleensä määrittelemättömiä. Järjestelmän jokainen laite voi lähettää ja vastaanottaa tietoa. Järjestelmä käyttää tiedonsiirrossa suurtaajuussignaaleja, joissa taajuudet 105,6 kHz on looginen 1 ja 115,2 kHz looginen 0, 95-125 kHz:n kaistalla (kuva 7). Tästä tekniikasta käytetään nimeä SFSK joka tarkoittaa hajautettua vaihtotaajuuskoodausta. Saatuaan sanoman vastaanottaja vahvistaa sen lähettäjälle ja siirtoprosessi päättyy. Lähetin toistaa siirtoprosessin, jos se ei saa vastausta. Järjestelmä käyttää CSMA/CA väylänvaraustekniikkaa, kuten parikaapeliväylä. Väylän tiedonsiirtonopeus on 1,2kb/s. [1, s. 37–38.]



Kuva 7. KNX Powerline -tiedonsiirtoteknologia [1]

## 2.5.3 PL110-sanoma

Powerline-sanoma vastaa sisällöltään TP1-sanomaa (kuva 8). Powerline-sanoma sisältää tahdistuksen, minkä avulla lähetin ja vastaanotin synkronoidaan. Tahdistuksen bittijono on 0101. Aloituskentät 1+2 ovat signaaleja, jotka kertovat vastaanottimille, että sanoma on lähetetty. Aloituskenttien sisältö on 1011 0000 (B0). Sanoma sisältää myös järjestelmätunnuksen, jonka avulla laitteet kommunikoivat keskenään. Laitteet, joilla on sama järjestelmätunnus voivat kommunikoida keskenään. [1.]



Kuva 8. KNX Powerline -sanoman rakenne [1]

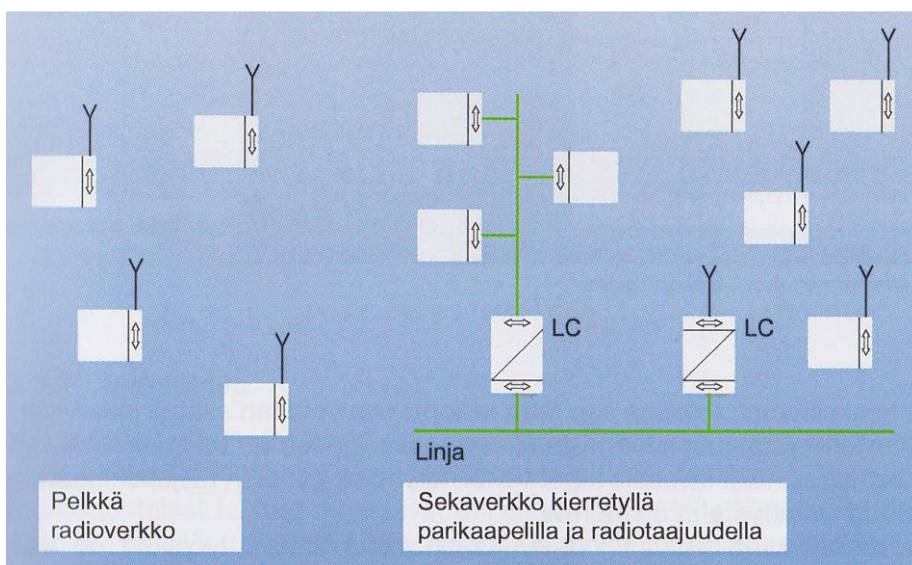
## 2.6 RF (radio frequency) radiotaajuus

KNX RF-tekniikkaa käytetään langattomaan tiedonsiirtoon. Tiedonsiirto tapahtuu radiotaajuutta käyttämällä.

### 2.6.1 Topologia

Radiotaajuutta tiedonsiirtoon käytettäessä KNX-laitteita ei tarvitse laittaa hierarkkiseen järjestykseen, koska kaikki KNX RF -laitteet kommunikoivat toistensa kanssa, riippuen radiosignaalin kantamasta (kuva 9). Radiotaajuuden signaalin kantamaa ei pystytä tarkkaan määrittämään, koska siihen vaikuttavat kaikki rakenteelliset olosuhteet, kuten seinät. KNX RF -laitteet voivat vaikuttaa viereisiin KNX RF -asennuksiin, tämän estämiseksi RF-laitteet lähettävät sarjanumeronsa osana sanomaa. Vastaanottimet, jotka on linkitetty yhteen lähettimien kanssa arvioivat toistensa sanomia. Signaalin kantamaa voidaan kasvattaa välivahvistimilla. KNX RF voidaan liittää muihin KNX-tiedonsiirtomedioihin mediakytkimien avulla. [1, s. 40.]

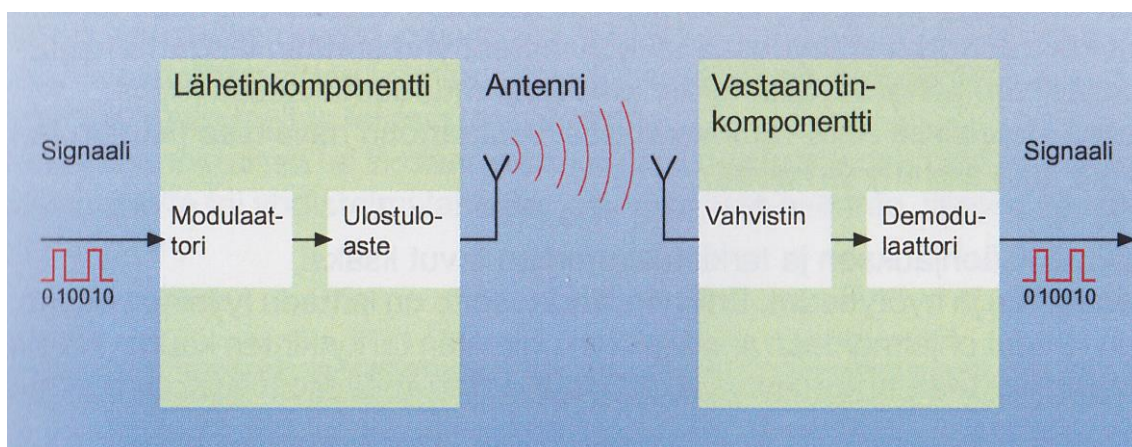




Kuva 9. KNX RF -topologia [1]

## 2.6.2 RF-siirtoteknologia

RF-tekniologiassa siirrettävä tieto on moduloitu kantotaajuuteen. Tiedon välitykseen käytetään kantaallon voimakkuuden vaihtelua, taajuuden vaihtelua, vaihesiirtoa tai näiden yhdistelmiä. Kantaalto siirretään vastaanottimiin, joissa signaali demoduloidaan (Kuva 10). [1, s. 41.]



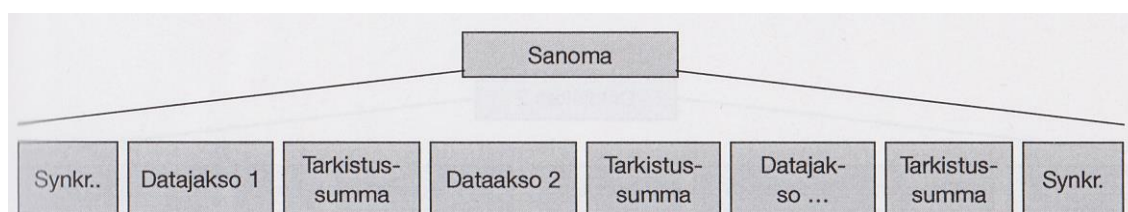
Kuva 10. KNX RF -signaalin lähetys [1]



KNX RF -järjestelmässä käytetään modulointimenetelmänä joko taajuusmodulaatiota tai vaihtotaajuuskoodausta (FSK). Kantotaajuutta voidaan kutsua keskitaajuudeksi ja siinä muodostetaan loogiset tilat 0 ja 1 vähäisellä poikkeamalla keskitaajuudessa. Käytettävä keskitaajuus on 868,30 MHz ja sen tiedonsiirtonopeus on 16384 bittiä/s. Tieto moduloidaan Manchester-koodin mukaan, jossa pulssireunan tila muuttuu tietobitin keskellä. Manchester-koodausta käytetään myös lähettimen ja vastaanottimen synkronointiin. Maksimi lähetysteho on 12 mW. Lähetyksen työjakso, eli lähetyksen aikaväli on 1 %, maksimissaan 0.6 sekuntia minuutissa. [1, s. 41-42.]

### 2.6.3 RF-sanoma

KNX RF -sanoma koostuu tietojaksoista, jotka sisältävät hyötytiedot ja osoitteenmuodostukseen käytettävät väyläkohtaiset tiedot. Tietojaksot erotetaan tarkastussumman tavuilla. Vastaanottimet ja lähetin synkronoidaan sanoman alussa ja lopussa olevilla jaksoilla (Kuva 11).



Kuva 11. KNX RF -sanoman rakenne [1]

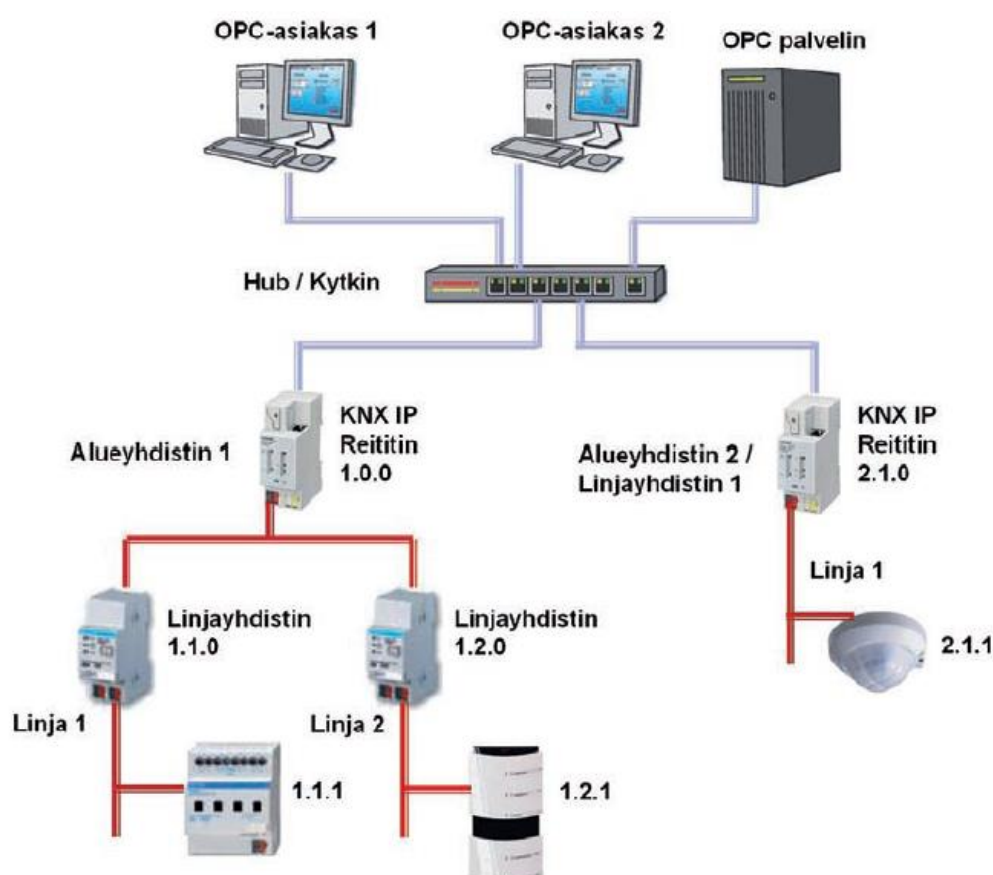
Ensimmäinen tietojakso sisältää osoitekentän, laitteen sarjanumeron ja tietojen tallennuksen. Tieto sanoman pituudesta, vastaanottokapasiteetista ja akkukäyttöisten laitteiden akutilasta on sisällytetty osoitekenttään. Sarjanumeroa käytetään osoitteen muodostukseen ja laitteiden erottamiseen viereisistä KNX RF -verkoista. Tietojen tallennuksen avulla vastaanotin havaitsee, onko tieto siirretty virheittä.

Toinen tietojakso sisältää lisäohjauksen ja tarkastussumman tavujen lisäksi erillisen lähdeosoitteen ja hyötytiedon. Erillinen laiteosoite on kohteen fyysinen osoite. Kohdeosoitteen sisältö riippuu siitä laitteesta, jolle on muodostettava osoite. Ohjelmoinnin aikana kohdeosoite on laitteen yksilöllinen lähdeosoite.

Normaalikäytössä kohdeosoite sisältää laitteen osoitteellisen kommunikointikohteen määrän. Hyötytiedot sisältävät tietoja, kuten käskyt ja viestit. [1, s. 43–44.]

## 2.7 IP Ethernet

IP-verkkojen ja internetyhteyksien yleistyessä moderneissa rakennuksissa, on niihin voitu kehittää lisää toimintoja yhdistämällä KNX-asennus näihin verkkoihin. IP-verkkoa voidaan käyttää sanomien jakamiseen KNX-verkossa. IP-verkon avulla saadaan nopeutettua KNX-verkon tiedonsiirtoa. [1, s. 126.] KNX IP -verkko eroaa TP1-verkosta siten, että IP-verkossa korvataan perinteiset linjayhdistimet KNX/IP-reitittimillä. Tämä yksinkertaistaa KNX-verkon rakennetta, kun kaikki linjat on kytketty toisiinsa LAN-reitittimien kautta. KNX-linjat pysyvät samanlaisina kuin TP1-asennuksissa. KNX IP-verkko mahdollistaa järjestelmän etäohjauksen internetyhteyden kautta (Kuva 12). [6.]



Kuva 12. KNX IP -verkko [4]

### 3 Opetusympäristön suunnittelu

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa kiinteistöautomaation opetusympäristö KNX-järjestelmän avulla. Opetusympäristön tuli sisältää kattavasti erilaisia KNX-komponentteja ja mahdollisuuden ohjata järjestelmää älypuhelimella tai tabletilla. Sen tuli myös vastata mahdollisimman hyvin oikeaa asennuskohdetta. Opetusympäristö piti suunnitella siten, että opiskelijoilla ei ole mahdollisuutta päästä koskemaan jännitteellisiä osia ilman työkaluja.

Opetusympäristö päätettiin tehdä, koska ammattiopistolla ei ollut vielä kiinteistöautomaation opetusympäristöä. Opetusympäristön avulla opiskelijat voivat tutustua kiinteistöautomaatioon ja sen luomiin mahdollisuuksiin. Sen avulla opiskelijat pääsevät myös tutustumaan väylätekniikkaan ja ETS 5 -ohjelmiston käyttöön.

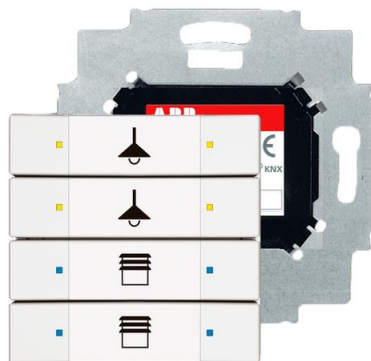
Suunnittelun alkuvaiheessa mietin minkälaisia KNX-laitteita valitsen opetusympäristöön. Laitevalinnoissa otin myös huomioon ammattiopistolta entuudestaan löytyvät KNX-laitteet. Laitevalinnoissa jouduin miettimään, minkä KNX-laitteen valitsisin älypuhelin- ja tablet-ohjaukseen. Opetusympäristöä haluttiin ohjata myös Windows-käyttöjärjestelmällisellä älypuhelimella. Tämän takia valitsin ohjauksiin verkkoselainta käyttävän Siemens IP Control Center N 152 KNX -laitteen. Valitsin verkkoselainpohjaisen ohjauksen, koska useimmat valmistajat olivat tehneet älypuhelinsovelluksensa vain iOS- ja Android-laitteille. Laitoin opetusympäristöön myös linjayhdistimen, jotta opiskelijat saisivat kokemusta, miten linjayhdistin KNX-järjestelmään asennetaan ja miten se vaikuttaa ohjelmointiin. Loput opetusympäristön laitteet löytyivät koululta.

#### 3.1 Opetusympäristön KNX-laitteet

Tässä kappaleessa käydään läpi KNX-laitteet, jotka valitsin opetusympäristöön. Luku on jaettu kenttä- ja keskuslaitteisiin. Kenttälaitteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa erilaisia KNX-kytkinlaitteita, jotka sijoitetaan kohteeseen. Keskuslaitteet ovat valitsemiani KNX-laitteita, jotka sijoitetaan sähkökeskukseen DIN-kiskoon.

### 3.1.1 Kenttälaitteet

ABB 4-osainen painike 6127/01-84-500 ja KNX-väyläliityntäyksikkö 6120/12-101-500 [8] (Kuva 13). 4-osaisella painikkeella voidaan toteuttaa valaistus-, verho- ja tilanneohjauksia. Painike sisältää Led-tilaindikoinnin. [8.] Väyläliityntäyksikkö soveltuu Impressivo ja priOn tuotesarjan KNX-painikkeiden väylään liittämiseen [10].



Kuva 13. ABB 4-osainen KNX-painike [9]

JUNG huoneohjausyksikkö 4093KRMTSD:llä voidaan ohjata valaistuksia, verhoja, kuormia, erilaisia tilanteita ja säätää lämpötilaa sen sisäänrakennetun lämpötila-anturin avulla. Yksikön näytöllä voidaan esittää kellonaika, huoneen todellinen lämpötila tai asetettu lämpötila-arvo (Kuva 14). [9.]



Kuva 14. JUNG huoneohjausyksikkö [9]

Schneider 2-osainen painike MTN6172. 2-osaisessa painikkeessa on sisäänrakennettu väyläliityntäyksikkö. Painikkeet sisältävät status- ja toimintaindikoinnin. Painikkeella voidaan toteuttaa valaistus-, verho- ja tilanneohjauksia (Kuva 15). [9.]



Kuva 15. Schneider 2-osainen painike [9]

Schneider Argus 180 -liiketunnistin MTN631619. Argus 180 -liiketunnistimen vaakataunnistuskulma on  $180^\circ$  ja sen tunnistussäde on 8 m. Laite sisältää väyläliityntäyksikön ja hämäräkytkimen. Suositeltu asennuskorkeus on 1.1 m ja se on kojerasiaan asennettava. Argus 180 -liiketunnistimella voidaan ohjata valaistuksia ja muita kuormia ja sillä voidaan mitata valaistuksen voimakkuutta (Kuva 16). [9.]



Kuva 16. Schneider liiketunnistin [9]

Berker 2-kanavainen universaali liityntäyksikkö BE75642001. Yksikön kanavia voidaan käyttää sisääntulo- tai ulostulokanavina riippuen laitteeseen asetetuista parametreista. Kun kanavia käytetään sisääntulona, laitteella voidaan liittää KNX-väylään potentiaalivapaita kytkimiä ja painikkeita. Laitteella voidaan ohjata valaistuksia, verhoja ja sillä voidaan kytkeä päälle erilaisia kuormia ja lähettää asetusarvoja. Kanavia ulostulona käytettäessä niillä voidaan ohjata kahta lediä (Kuva 17). [9.]



Kuva 17. Berker liityntäyksikkö [9]

Legrand 2-osainen painike 078494. Painike sisältää väyläliityntäyksikön, led -indikoinnin kuorman statuksen, systeemin tilan ja hälytysten ilmoittamiseen. Painiketta voidaan käyttää valaistuksen-, verhojen- ja erilaisten kuormien ohjaukseen (Kuva 18). [11.]



Kuva 18. Legrand 2-osainen painike [11]

### 3.1.2 Keskuslaitteet

ABB USB -liityntäyksikkö USB/S 1.1. USB liityntäyksikköä käytetään tietokoneen ja KNX-järjestelmän välisen yhteyden muodostamiseen. Tiedonsiirron indikointiin siinä on KNX- ja USB-ledit. Liityntäyksikköä voidaan käyttää ETS 3 -ohjelmalla tai sitä uudemmalla versiolla (Kuva 19). [12.]



Kuva 19. ABB USB -liityntäyksikkö [12]

ABB linjayhdistin LK/S 4.2. Laitetta voidaan käyttää linjayhdistimenä, alueyhdistimenä ja toistimena. Käytettäessä linjayhdistimenä laite yhdistää linjan päälinjaan ja käytettäessä alueyhdistimenä se yhdistää päälinjan runkolinjaan. Yhdistimellä voidaan tarvittaessa suodattaa viestejä ja lähettää toiseen linjaan vain sinne tarkoitettuja viestejä (Kuva 20). [13.]



Kuva 20. ABB linjayhdistin [13]

Hager 8-lähtöinen lähtöyksikkö TXA208B –a2. Yksikkö sisältää kahdeksan 10A lähtöä, jotka on suunniteltu valaistuksien ja verhojen/kaihtimien ohjaukseen. Valaistusta voidaan ohjata erilaisilla toiminnoilla, joita ovat esimerkiksi: päälle/pois, ajastintoiminnot, tilanteet, logiikkatoiminnot ja käsikäyttö. Verhojen ohjauksen esimerkki toimintoja ovat: ylös/alas, säleiden säätö, tilanteet, käsikäyttö, tuuli- ja sadehälytykset. [9.] (Kuva 21)



Kuva 21. Hager lähtöyksikkö [14]

Hager 3-kanavainen himmenninyksikkö TXA213 –a2. Himmennin sisältää kolme 300 W erikseen ohjelmoitavaa ulostuloa. Ulostuloja on mahdollista yhdistää, mikä lisää maksimi ulostulotehoa. Ulostulojen määrää voi vaihtaa laitteessa olevan valintakytkimen avulla seuraavasti:

- 1 ulostulo 900 W
- 2 ulostuloa 600 W + 300 W
- 3 ulostuloa 3 x 300 W.

Laitteessa on Led-tilaindikointi ja käsikäyttö mahdollisuus. [9.] (Kuva 22)



Kuva 22. Hager himmennin [15]



Legrand 2-kanavainen himmenninyksikkö 002659. Legrand himmenninyksikkö sisältää kaksi 400 W kanavaa. Laitteessa on Led-tilaindikointi ja käsikäyttö mahdollisuus (Kuva 23). [16.]



Kuva 23. Legrand himmenninyksikkö [16]

Legrand ohjausyksikkö 048422 (kuva 24). Ohjausyksikkö sisältää 16 sisääntuloa, 16 ulostuloa ja siinä on sisäänrakennettu energiankulutusmittari. Laite toimii siltana DALI ja KNX-väylän välillä. DALI-väylään voi maksimissaan liittää 64 DALI-valaisinta. Laitteella voi ohjata valaistuksia, verhoja, moottoreita, ilmanvaihtoa, DALI-laitteita ja seurata energiankulutusta. [16.] Tarvitsee erillisen virtalähteen 27-50 V, 6 W.



Kuva 24. Legrand ohjausyksikkö [16]

GIRA lämmityksenohjausyksikkö 101800. Lämmityksenohjausyksikkö sisältää kuusi ulostuloa, joista jokaisella voi ohjata neljää sähkötermisesti toimivaa venttiiliohjainta. Jokaisessa ulostulossa on ylikuorman- ja oikosulun tunnistimet. Laitte pystyy ohjaamaan venttiiliohjaimia kytkentätoiminnolla ja pulssinleveysmodulaatiolla (Kuva 25). [9.]



Kuva 25. GIRA lämmityksenohjausyksikkö [9]

Siemens IP-ohjausyksikkö N152 5WG1 152-1AB01. IP-ohjausyksikön avulla voi ohjata KNX-väylän laitteita nettiselaimen kautta. Sisältää graafisen verkkoeditorin, joka mahdollistaa täysin graafisen käyttöliittymän erilaisine ohjauselementteineen. Erillisen editorin avulla voi tehdä yksinkertaisen käyttöliittymän älypuhelin käyttöön. Laitteen tehon kulutus on 1,2 W nimellisjännitteen ollessa 24 VDC. Laitte tarvitsee erillisen virtalähteen (Kuva 26). [17.]



Kuva 26. Siemens IP-ohjausyksikkö [17]

Theben KNX-virtalähde 160 mA 9070701. Virtalähteessä on sisäänrakennettu kuristin ja se on tarkoitettu KNX-väylän tehonsyöttöön. Siinä on jatkuva oikosulkusuoja. Käyttöjännite on 230 V ja nimellisjännite on 30 V. Nimellisvirta 160 mA (Kuva 27). [18].



Kuva 27. Theben virtalähde [18]

Legrand KNX-virtalähde 640 mA 003504. Virtalähteessä on sisäänrakennettu kuristin ja se on tarkoitettu KNX-väylän tehonsyöttöön. Käyttöjännite on 230 V ja nimellisjännite on 29 V. Nimellisvirta 640 mA (Kuva 28). [16].



Kuva 28. Legrand virtalähde [16]

Legrand virtalähde E49. Virtalähteen sisääntulo jännite on 230 V, ulostulo jännite on 27 VDC ja ulostulon maksimi syöttövirta on 0.6 A (Kuva 29). [19]



Kuva 29. Legrand virtalähde E49 [19]

Siemens Logo Power virtalähde 6EP1331-1SH02. Virtalähteen sisääntulo jännite on 100-240 V, ulostulo jännite on 24 VDC ja ulostulon maksimi syöttövirta on 1.3 A (Kuva 30) [20].

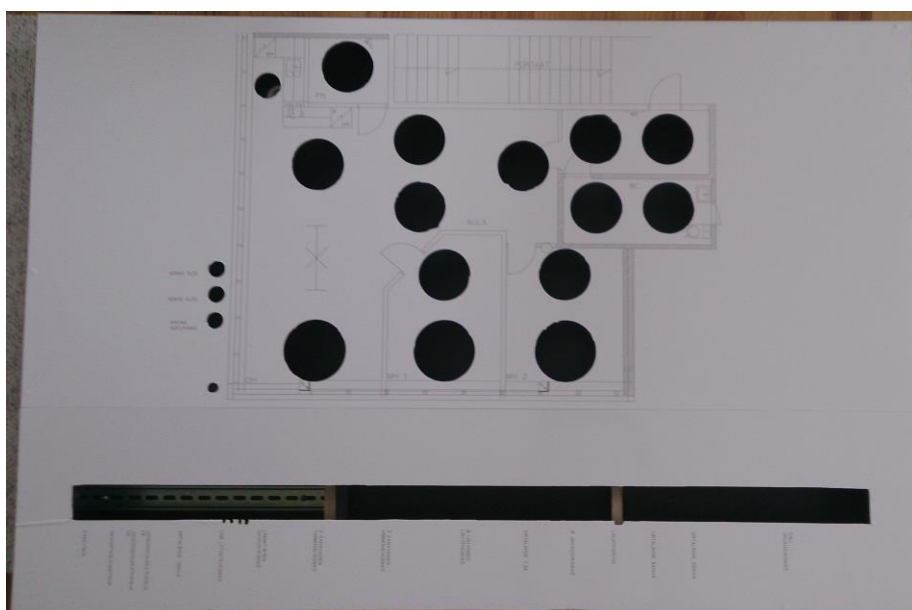


Kuva 30. Siemens virtalähde [20]

## 4 Opetusympäristön toteuttaminen

### 4.1 Ympäristön rakentaminen

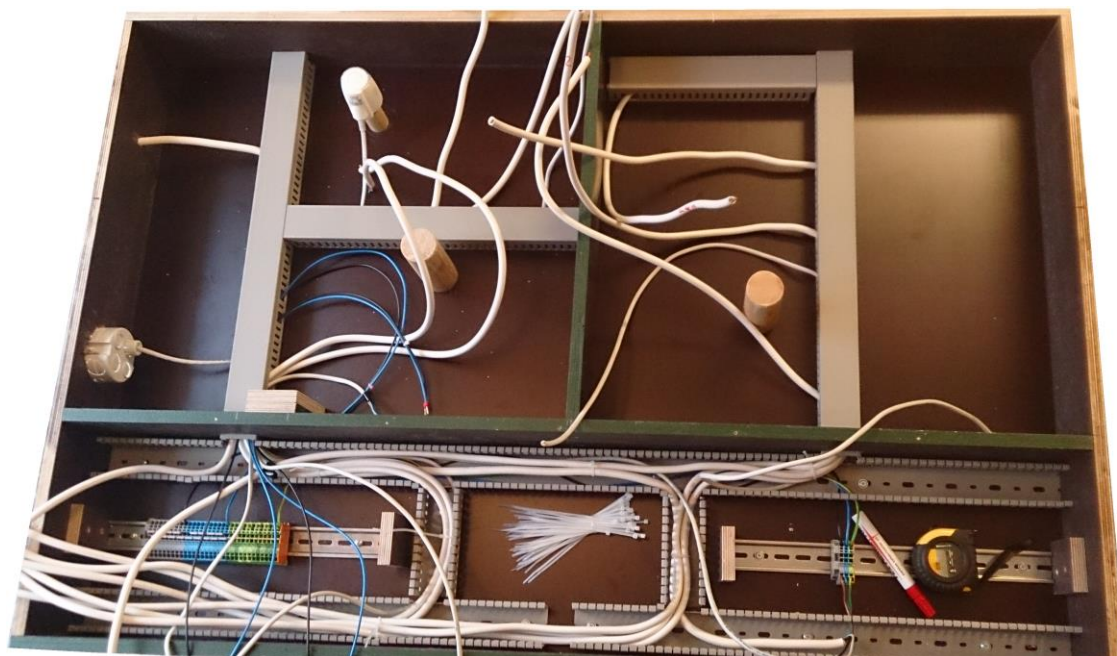
Opetusympäristöstä päätettiin rakentaa niin sanottu laatikkomalli, jotta opiskelijat eivät pääse käsiksi jännitteisiin osiin. Opetusympäristön rakentaminen alkoi ympäristöön käytettävien materiaalien valinnasta. Päätin sijoittaa ympäristön laitteet 4 mm paksuun pleksiin, koska sitä oli saatavana sopivan kokoisina levyinä (800x1200 mm). Opetusympäristön pohja- ja reunamateriaaliksi valitsin 15 mm paksun filmivanerin. Seuraavaksi suunnittelin pleksiin sijoitettavien laitteiden paikat Autocad-ohjelmiston avulla, kun suunnitelmat olivat valmiit rupesin työstämään pleksiä. Pistorasiat ja KNX-kytkimet asensin pleksiin remonttikojerasioita apuna käyttäen, upotettaville spottivalaisimille tein niiden mukana tulleiden ohjeiden mukaiset reiät. Halkaisin pleksin kahtia, jotta sain erotettua keskuslaitteet muusta asennuksesta. Keskuslaitteet erotin sen takia, että niiden kytkentöjä olisi helpompi päästä jälkikäteen muokkaamaan. Kun sain pleksin valmiiksi tulostutin sen pintaan tarran, jossa on kohteen pohjakuva ja keskuslaitteiden nimitykset (kuva 31). Tarrassa on myös loisteputkivalaisimen piirrosmerkki, joka esittää erikseen asennettavaa DALI-valaisinta.



Kuva 31. Opetusympäristön pinta

Tämän jälkeen rakensin filmivanerista laatikon, jonka pintaan pleksi laitettaisiin. Laatikon reunoista tein 120 mm korkeat, jotta ne täyttäsivät valaisimien asennusvaatimukset.

Laatikon valmistuttua rupesin asentamaan kaapeleita. KNX-väyläkaapelina käytin KLMA 4x0.8+0.8 -kaapelia. Pistorasiat ja valaisimet kaapeloin MMJ 3x1.5s -kaapelilla. 3-vaiherasian, joka toimii lähtönä erilliselle DALI-valaisimelle, kaapeloin MMJ 5x1.5s -kaapelilla. Verho-ohjausten simulointiin käytettävissä merkkivalaisimissa käytin MK 1.5 mm<sup>2</sup> -johtimia. Venttiili-ohjaimessa käytin sen mukana tulevaa kaapelia (Kuva 32).



Kuva 32. Opetusympäristön kaapeloinnit

Kytkeytyäni yläosaan tulevat laitteet, pääsin kytkemään alaosaan tulevia keskuslaitteita. Jouduin korottamaan DIN-kiskoa laatikonpohjasta, jotta saisin keskuslaitteet pleksin pinnantasolle. Keskuslaitteiden kytkemiseen käytin MK 1.5 mm<sup>2</sup> -johtimia. Korotetun DIN-kiskon alle laitoin toisen DIN-kiskon, johon laitoin nolla- ja maadoitusriviliittimiä. Laitoin valaistuksille ja pistorasioille omat C6 johdonsuojakatkaisijat. Valaistusryhmään on kytketty myös KNX-laitteiden syöttö. Ennen johdonsuojakatkaisijoita on pääkytkin ja 10 mA:n vikavirtasuojakytkin. Opetusympäristön sähkönsyöttö on toteutettu IEC C13 naaras kojepistokkeella



ja IEC C14 uros kojeliittimellä, jotta syötöstä saataisiin irrotettava. Kytkenät tehtyäni kiinnitin pleksin ja opetusympäristö valmistui (Kuva 33).



Kuva 33. Valmis opetusympäristö

## 4.2 Ohjelmointiohje

Opinnäytetyöhön kuuluvassa ETS 5 -käyttöohjeessa käydään läpi, kuinka tehdään valaistus-, pistorasia-, lämmitys- ja verho-ohjauksia. Käyttöohjeessa käydään läpi myös, kuinka ohjelmoidaan Siemens IP Control Center N 152 -laitetta, jota käytetään älypuhelin- ja tablet-ohjauksiin. Ohjelmointiohje tulee vain Pohjois-Karjalan ammattiopisto Lieksan käyttöön ja sitä ei saa julkaista.

## 4.3 Kouluttaminen

Opinnäytetyön yhdeksi osaksi kuului pitää koulutus osalle ammattiopiston opiskelijoista. Koulutuksessa käytiin läpi erilaiset tiedonsiirtoratkaisut, joita on mahdollista käyttää KNX-järjestelmässä ja mitä on mahdollista ohjata KNX-järjestelmällä. Tiedonsiirtoratkaisusta käytiin tarkemmin läpi TP1-verkkoa, koska se on käytössä myös opetusympäristössä. TP1-verkosta kävimme läpi verkkonrakenteen, jotta opiskelijat saivat peruskäsityksen, kuinka TP1-verkko tulisi asentaa. Koulutuksessa opiskelijat tekivät ETS 5 eCampus verkkokoulutuksen.

Ohjelmoimme koulutuksen aikana myös toteuttamaani opetusympäristöä ETS 5 -ohjelmalla. Ohjelmoinnista kävimme läpi, kuinka muodostetaan yhteys tietokoneen ja KNX-järjestelmän välille, valaistus- ja verho-ohjauksien toteuttaminen ja ohjelman lataaminen KNX-väylälaitteisiin.

## **5 Pohdinta**

Opinnäytetyössä suunnittelemani ja toteuttamani kiinteistöautomaation opetusympäristö täyttää toimeksiantajan, sille asettamat tavoitteet. Työn tekeminen sujui muuten ongelmitta, mutta aikataulun kanssa oli ongelmia laitteiden toimituksessa olleiden viivästyksien takia.

KNX-järjestelmän ollessa minulle jo entuudestaan tuttu, tiesin aiheen kiinnostavan minua, kun opinnäytetyö aiheita minulle tarjottiin. Opinnäytetyössä minulle uutena asiana pääsin tutustumaan erilaisiin älypuhelin- ja tablet-ohjaus mahdollisuuksiin ja ETS 5 -ohjelman käyttöön.

Toteuttamani opetusympäristö soveltuu hyvin kiinteistöautomaation ja KNX-järjestelmän koulutukseen. Opetusympäristön avulla opiskelijat pääsevät tutustumaan erilaisiin väyläratkaisuihin, KNX-järjestelmän ohjelmointiin ja kiinteistöautomaation luomiin mahdollisuuksiin. Opetusympäristön avulla opiskelijat pystyvät myös harjoittelemaan nykyaikaisen älypuhelin- ja tablet-ohjauksen toteuttamista. Uskon, että valmistamani opetusympäristö tulee olemaan erinomainen apuväline tulevaisuuden osaajien kouluttamisessa.

Kouluttamisen lisäksi opetusympäristöä voidaan hyödyntää myös koulutusohjelmaa markkinoitaessa tuleville opiskelijoille. Laitteisto voidaan liittää muihin KNX- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmiin ja sitä on myös mahdollista muokata tarpeiden mukaan.

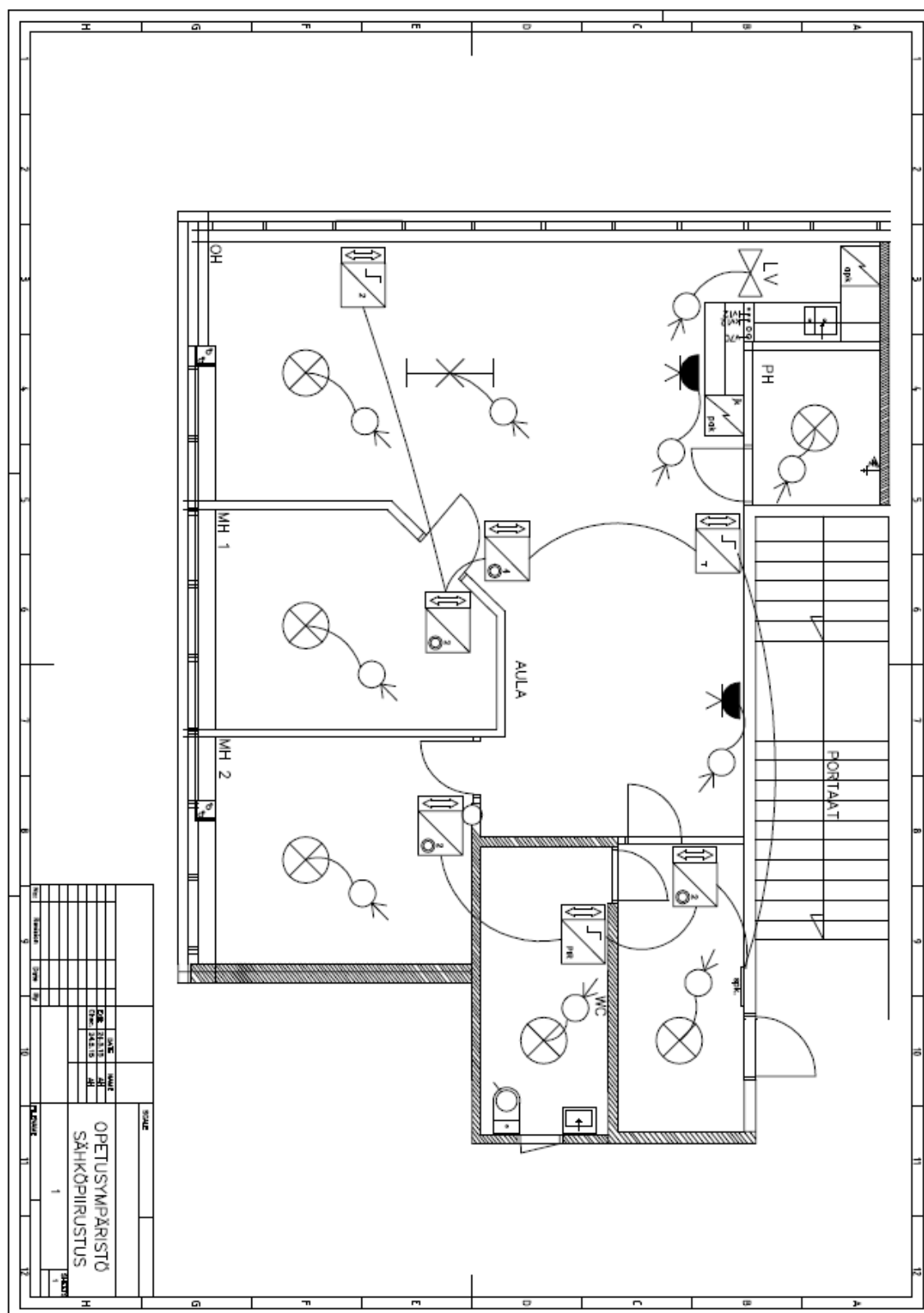


## Lähteet

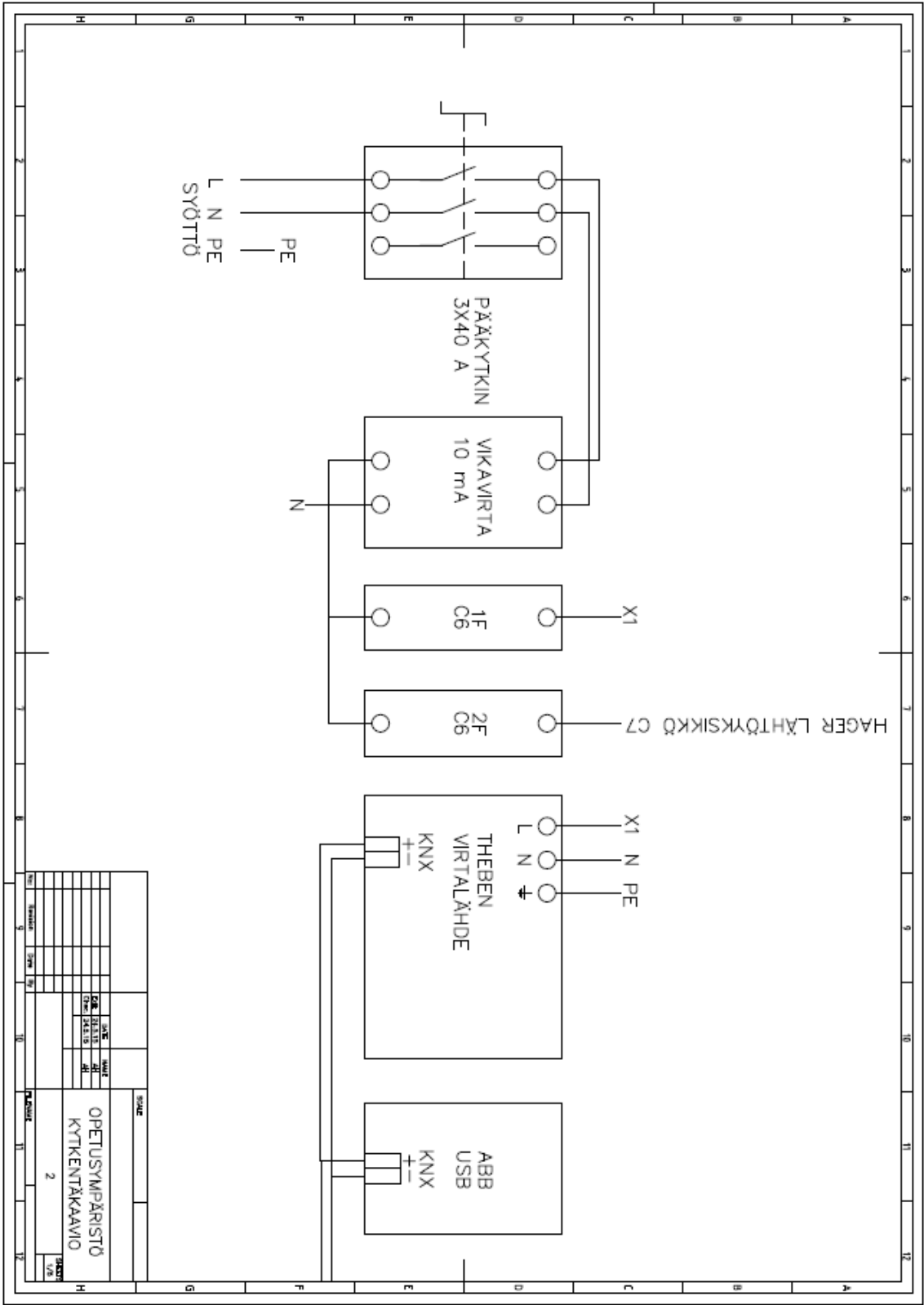
1. ZVEI. KNX Perusperiaatteet. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. Stresemannallee. Käännös: KNX finland ry. 2006.
2. KNX Association. 2012. [Viitattu 19.4.2015]. Saatavissa: <http://www.knx.org>.
3. KNX Association. KNX system arguments.[Viitattu 19.4.2015]. Saatavissa: <http://www.knx.org/media/docs/KNX-Tutor-files/Summary/KNX-System-Arguments.pdf>.
4. Sähkötieto ry. ST 701.60 Kenttäväyläteknikka. Verkkodokumentti. Sähköinfo Oy. Espoo. 2009.
5. KNX Association. KNX TP1 Installation. [Viitattu 19.4.2015]. Saatavissa: <http://www.knx.org/media/docs/KNX-Tutor-files/Summary/KNX-TP1-Installation.pdf>.
6. ABB Oy. Tuoteluettelo 2014. ABB i-bus KNX-taloautomaatio. Joustava ohjausjärjestelmä rakennuksiin. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: <http://abb.smartpage.fi/fi/knx-katalogi/>.
7. KNX Association. KNX Communication. [Viitattu 7.5.2015]. Saatavissa: <http://www.knx.org/media/docs/KNX-Tutor-files/Summary/KNX-Communication.pdf>.
8. ABB Oy Asennustuotteet 2015. Tuotekortti. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: [http://www.asennustuotteet.fi/catalog/product/25160/6127%2f01-84-500\\_FIN1.pdf](http://www.asennustuotteet.fi/catalog/product/25160/6127%2f01-84-500_FIN1.pdf).
9. Piikkilä, V. KNX-Oppilaitospaketti v1.1. Harjoituslaitteiden ohjekirjat. KNX Finland ry. 2006.
10. ABB Oy Väyläliitäntäyksikkö. Tuotekortti. 2015. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: [http://www.asennustuotteet.fi/catalog/20187/product/25096/6120/12-101-500\\_FIN1.html](http://www.asennustuotteet.fi/catalog/20187/product/25096/6120/12-101-500_FIN1.html).
11. Legrand. KNX control unit Mosaic - lighting management - 2 push 2 actuation point –white. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: <http://m.ecatalogue-exp.legrand.com/favorite/saveFavorite;jsessionid=00B64158137820F1CD1729CC276D7698;jsessionid=1AB76D11CAC335A3828CCB4B5B4EF435?reference=078494>.
12. ABB Oy. Product Manual. ABB i-bus KNX. USB Interface. USB/S 1.1.Intelligent Installation Systems. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: [http://www.installationsprodukter.se/documents/II1/USB-S1-1\\_MAN1.PDF](http://www.installationsprodukter.se/documents/II1/USB-S1-1_MAN1.PDF).
13. ABB Oy. ABB i-bus KNX. Line Coupler, MDRC LK/S 4.2, 2CDG 110 171 R0011. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: [http://www09.abb.com/global/scot/scot395.nsf/veritydisplay/30b754f32066c2e9c1257cee0044bc32/\\$file/LKS\\_42\\_TD\\_EN\\_V1-0\\_2CDC502068D0201.PDF](http://www09.abb.com/global/scot/scot395.nsf/veritydisplay/30b754f32066c2e9c1257cee0044bc32/$file/LKS_42_TD_EN_V1-0_2CDC502068D0201.PDF).

14. Sähkönumerot. Lähtöyksikkö KNX tebis - TXA208B 8x10A käsik RL T DIN – Hager. [Viitattu 16.4.2015]. Saatavissa: <http://www.sahkonumerot.fi/3577186/tulosta/>.
15. UTU. Valonsäädin KNX. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: <http://m.utu.eu/t/TXA213>.
16. Legrand. Bus/KNX solutions. Active control of lightning, shutters, and socket outlets. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: <http://www.legrand.co.za/download/products/bus-knx-solutions.pdf>.
17. Siemens. Gamma instabus. Technical Product Information. IP Control Center N152. 2014. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: [https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/14/PDF/ENG\\_459746.PDF](https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/14/PDF/ENG_459746.PDF).
18. Theben. Power supply KNX 160 mA. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: <http://www.theben.de/en/Products/Home-and-Building-control/KNX/System-devices/Power-supply-KNX-160-mA>.
19. Legrand. POWER SUPPLY BUS/SCS - 27 V= - 0.6 A - 2 DIN MODULES. [Viitattu 18.4.2015]. Saatavissa: [http://www.legrand.com/ecat\\_export/003567-power-supply-bus-scs-27-v.html](http://www.legrand.com/ecat_export/003567-power-supply-bus-scs-27-v.html).
20. Siemens. Product Support. 6EP1331-1SH02. [Viitattu 19.4.2015]. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/198359?pdtdi=1&lc=en-WW>.

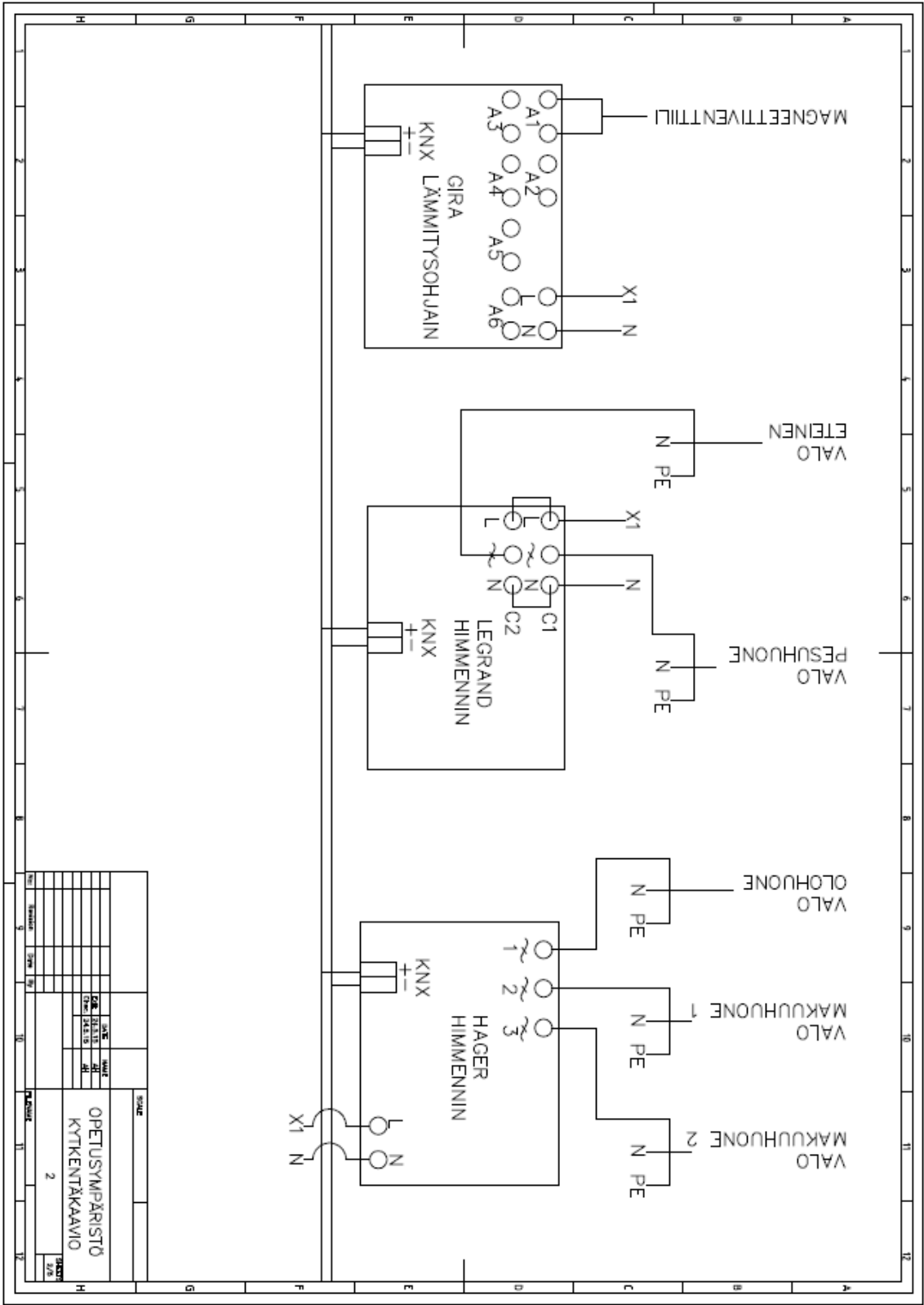
## Opetusympäristön sähköpiirustus



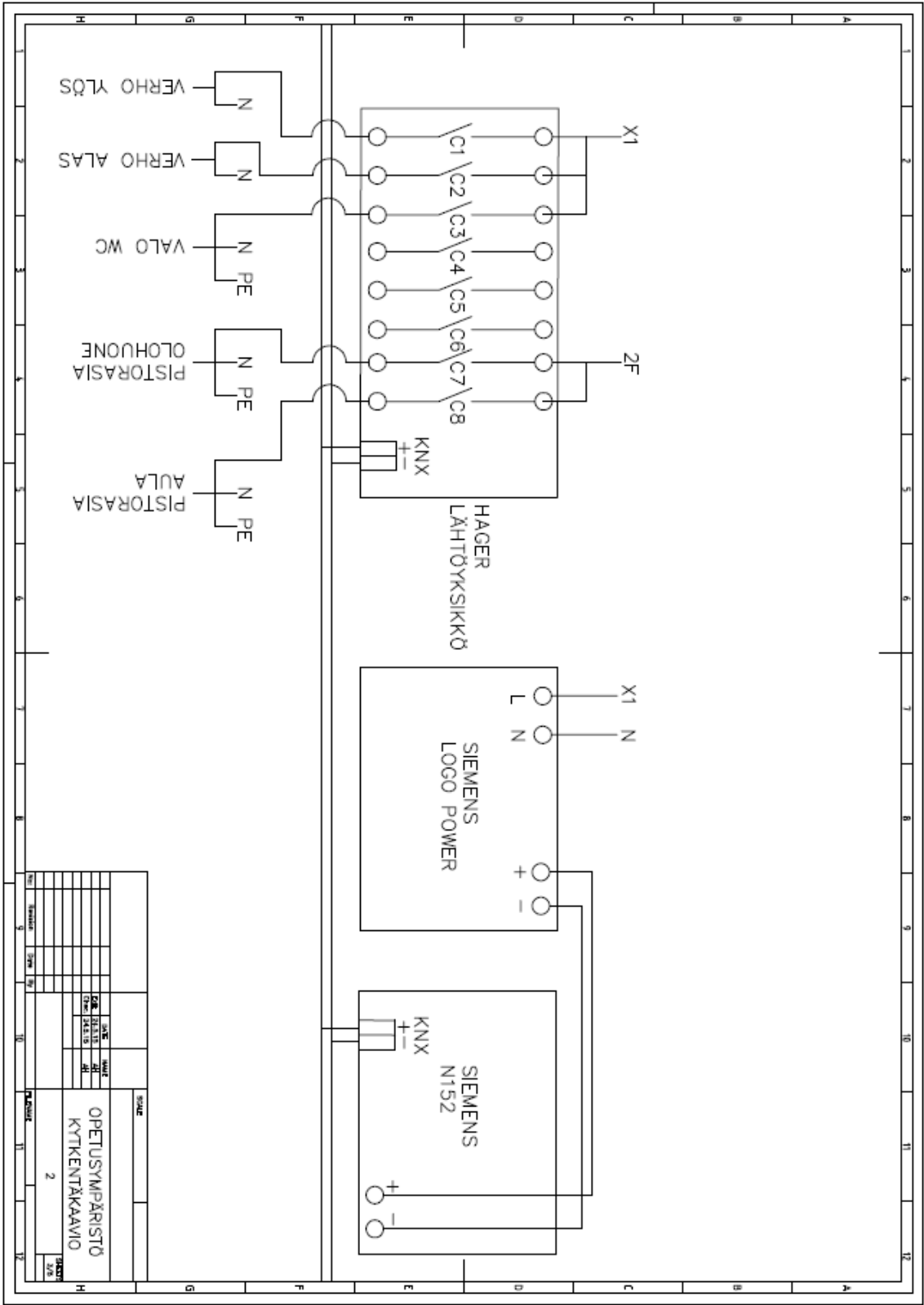
Opetusympäristön kytkentäkaavio



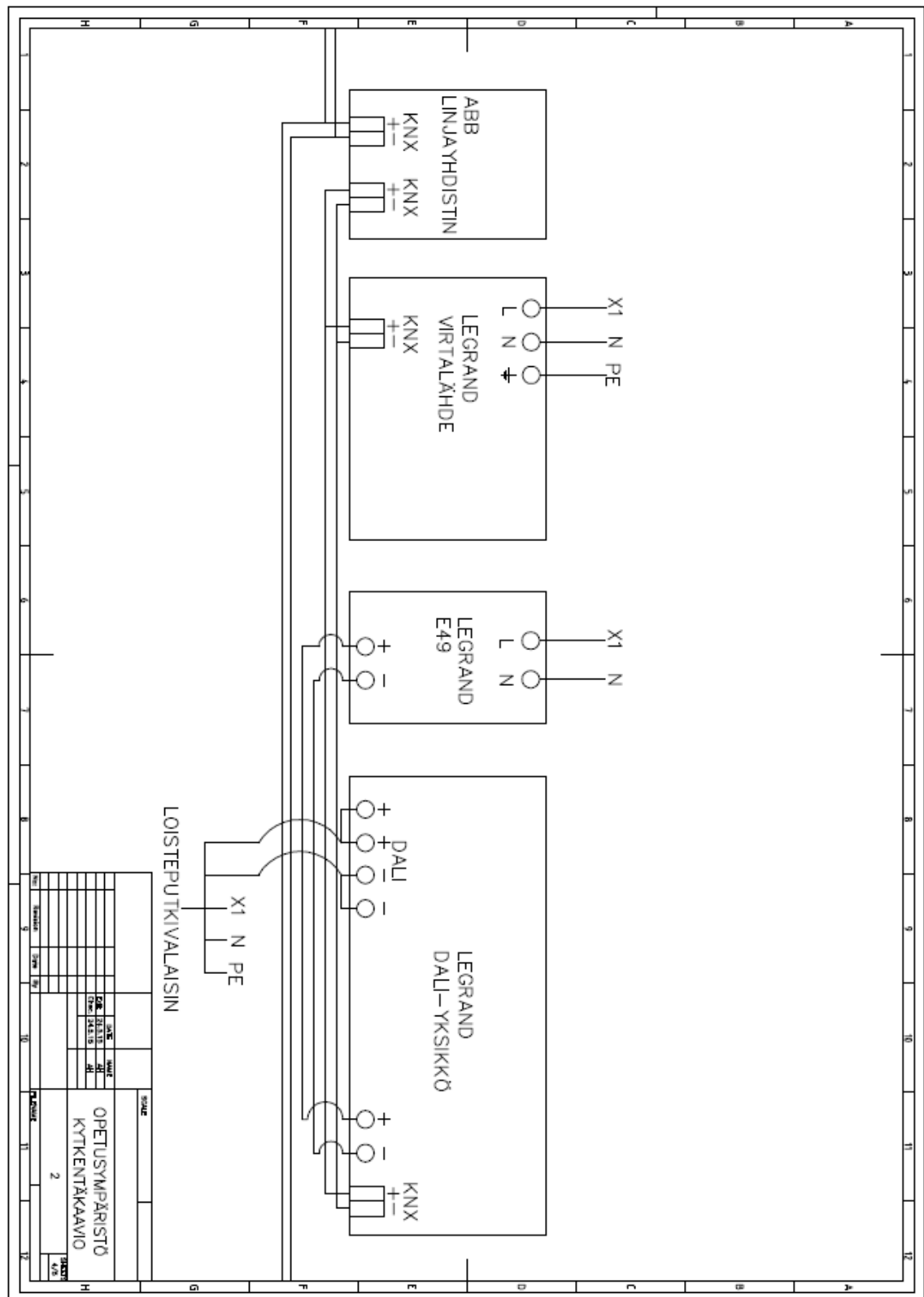
Opetusympäristön kytkentäkaavio



Opetusympäristön kytkentäkaavio



## Opetusympäristön kytkentäkaavio



## Opetusympäristön kytkentäkaavio

